



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets

⑪ Veröffentlichungsnummer:

**0 023 721  
A2**

⑫

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

⑰ Anmeldenummer: 80104596.4

⑤① Int. Cl.<sup>3</sup>: E 04 B 1/19, E 04 B 1/58

⑱ Anmeldetag: 04.08.80

③① Priorität: 06.08.79 AT 5386/79

⑦① Anmelder: INTERWACO AKTIENGESELLSCHAFT,  
Aeulestrasse 38, FL-9490 Vaduz (LI)

④③ Veröffentlichungstag der Anmeldung: 11.02.81  
Patentblatt 81/6

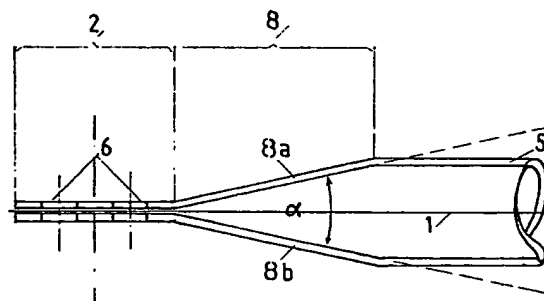
⑦② Erfinder: Der Erfinder hat auf seine Nennung verzichtet

⑧④ Benannte Vertragsstaaten: AT BE CH DE FR GB IT LI NL

⑦④ Vertreter: Büchel, Kurt F. Dr., Aeulestrasse 38,  
FL-9490 Vaduz (LI)

⑤④ Fachwerkskonstruktion.

⑤⑦ Horizontal und diagonal angeordnete Rohre von Fachwerkskonstruktionen, z. B. für Dächer von Fabrikhallen, werden in Knotenpunkten zusammengeführt, die Zug- und Druckkräfte aufnehmen müssen. Die Enden der Rohre werden dazu meist flachgequetscht, und die der Quetschzone benachbarte Zone des Rohres folgt einem natürlichen, gebauchten Verlauf. Erfindungsgemäß wird dieser Verlauf beim Quetschen der Enden durch zwei trapezförmig angeordnete Preßbacken annähernd linear (8) gestaltet, wodurch die Ausknickfestigkeit und Beulfestigkeit der Knotenverbindung wesentlich steigt. Der Winkel  $\alpha$ , den die beiden sich keilförmig verjüngenden Mantelflächen (8a, 8b) miteinander einschließen, beträgt vorzugsweise 20–28 Grad. Besonders zweckmäßig ist die Anordnung eines Knotenstückes zwischen den flachgequetschten Enden der Gurt- und Diagonalstäbe, wodurch sich die Achsen der Diagonalstäbe in den Achsen der Gurtstäbe (1) in demselben Punkt treffen; dies schließt jede Exzentrizität aus und läßt keine Drehmomente entstehen.



EP 0 023 721 A2

# FACHWERKSKONSTRUKTION

Die Erfindung betrifft eine Fachwerkskonstruktion aus einer Vielzahl von horizontal angeordneten, rohrförmigen Gurtstäben, und von vorzugsweise dreidimensional, z.B. pyramidenförmig angeordneten, rohrförmigen Diagonalstäben, deren in einem Knoten übereinandergelegte, flachgequetschte Teile miteinander verbunden sind.

Der besondere Vorteil von Fachwerkskonstruktionen liegt in der Möglichkeit, grosse Spannweiten bei hoher Biegesteifigkeit zu überbrücken, wobei das Gewicht infolge der schlanken Rohrstäbe relativ gering gehalten werden kann.

Die auf das Konstruktionssystem einwirkenden Hauptkräfte wirken in Axialrichtung der Stäbe als Zug- oder Druckkräfte und müssen von den Stabenden aufgefangen werden. Die Stabenden müssen aber für die Knotenverbindung der einzelnen Stäbe gequetscht und/oder durchbohrt werden. Dieser unvermeidlichen Schwächung der Stabenden für die Knotenverbindung kommt daher besondere Bedeutung zu. Die meist durch eine Quetschung des rohrförmigen Stabendes erzielte Querschnittsänderung muss sämtliche auf den Knoten angreifenden Kräfte in die Stabachse und von dort am gegenüberliegenden Stabende auf die dort verbundenen anderen Stäbe übertragen. Ein besonderes Kriterium dabei ist unter anderem die Umlenkung der in den Diagonalstäben bisher unter einem Winkel von mindestens 45 Grad axial verlaufenden Kräfte auf die horizontal angeordneten Gurtstäbe. Dieser Kraftlinienfluss führt zwangsweise zu einer besonderen Ausknickbeanspruchung gerade dieses durch die Quetschung verjüngten Uebergangsbereiches vom Stabende zum rohrförmigen, unverformten Teil des Diagonalstabes.

Eine Lösung dieses Problems durch besondere Ausbildung eben dieses geschwächten Bereiches ist in dem DE-GM 77 02 704 beschrieben. Die Verjüngung vom kreisförmigen Rohrquerschnitt

zum flachgequetschten Ende folgt dem sogenannten natürlichen Verlauf. Während die eine, dem flachgequetschten Stabende benachbarte Hälfte der Verjüngung relativ stark bombiert ist, verläuft die Steigung in der anderen Hälfte nur mehr schwach bis zum Erreichen des Stabdurchmessers. Durch zusätzliches Einpressen einer Sicke im Verjüngungsabschnitt will man eine Erhöhung der Ausknickfestigkeit ähnlich einem Wellblech erreichen.

Eine Versteifung ist durch diese Massnahme zweifellos in der beide Sicken verbindenden Ebene gegeben, wobei jedoch durch die Sicke eine Schwächung der Biege- und Stauchfestigkeit in der zur genannten Ebene normalen Ebene gegeben ist, ja geradezu die Einknickung schon vorgegeben wird.

Das der vorliegenden Erfindung zugrunde liegende Problem liegt daher in der Schaffung eines besonders gestalteten Verjüngungsabschnittes der Stabenden, dessen Ausknickfestigkeit und Beulfestigkeit keine Schwächung im Vergleich zum unverformten Stababschnitt ergeben.

Erfindungsgemäss erfolgt dies dadurch, dass - in einem senkrecht zur Quetschfläche geführten Längsschnitt gesehen - die Rohrwand sich zum gequetschten Teil hin annähernd linear keilförmig verjüngt, wobei im gesamten Stabbereich die Länge der Umfangslinie des Axialquerschnittes im wesentlichen konstant ist.

Nun ist zwar aus der DE-OS 27 20 029 eine solche lineare Verjüngung bekanntgeworden, doch werden dort die axialen Kraftlinien nicht erfindungsgemäss unmittelbar am Ende der Verjüngung in einem Knoten aufgefangen, sondern über dünne

Verbindungsstücke weitergeleitet, die in abgewinkelterm Zustand erst recht zum Ausknicken neigen.

Die keilförmigen Flächen ermöglichen einen günstigen Fluss der axialen Druckkräfte zu den Knoten und somit eine hohe Beulfestigkeit; Versuche haben ergeben, dass die Beulfestigkeit der linearen Quetschung gegenüber der natürlichen, gebauchten Quetschung um 61 % höher liegt. Die Quetschung mit Sicke gemäss dem obgenannten DE-GM weist eine nur um 20 % höhere Festigkeit gegenüber der natürlichen Quetschung auf.

Während bei der im genannten DE-GM beschriebenen Ausführung der ideale Kraftlinienfluss nur über den schmalen Bereich der Sicke erfolgt, kann entsprechend dem erfindungsgemässen Merkmal die Kraft über eine Vielzahl von Kraftlinien in den quasi zu einer Ebene vereinten Sicken im Knoten konzentriert werden.

Nun sind linear verlaufende Verjüngungsbereiche bisher nie vorgeschlagen worden - sie scheinen sich höchstens aus schematischen Strichzeichnungen zu ergeben, wie z.B. aus der DE-AS 1 117 845 oder der DD-PS 54 142, in deren Beschreibung jedoch in keiner Weise auf einen solchen Umstand hingewiesen wird. Dazu kommt, dass nach der DE-AS die flachgequetschten Enden von Streben in Schlitz eines Knotenstückes radial eingeklemmt werden, während sie erfindungsgemäss übereinandergelegt und miteinander verbunden sind. Diese Kombination der Knotenausbildung mit dem linear verlaufenden Verjüngungsbereich ist aber gerade wesentlich dafür, die angestrebte Ausbeulfestigkeit und Knickfestigkeit zu erzielen. In der DD-PS wird klar gefordert, dass die Rohre an ihren Enden zusammengedrückt sind. Die durch das Zusammendrücken entstandene Abplattung ist durchbohrt. Daraus geht klar hervor, dass nur die Enden zusammengedrückt werden, so dass sich eine Verjüngung nach dem natürlichen Verlauf ergeben muss. Bei den Zeichnungen der

DD-PS handelt es sich um rein schematische Darstellungen, was schon aus der unbrauchbaren Abplattung der schrägliegenden Stäbe zu entnehmen ist.

Die Ausknickfestigkeit des Verjüngungsbereiches ist dann optimal, wenn der von den beiden sich keilförmig verjüngenden, ebenen Mantelflächen eingeschlossene Winkel  $\alpha$  etwa 15 bis etwa 35 Grad, vorzugsweise etwa 20 bis etwa 28 Grad beträgt.

Ein Winkel  $\alpha$  von über etwa 28 Grad bringt eine zunehmende Vergrößerung des Kraftumlenkwinkels und damit eine erhöhte Beanspruchung der beiden keilförmigen Flächen mit sich. Die Stauchung des Stabes unter Einstülpung des deformierten Verjüngungsbereiches und ein Beulen der ebenen Mantelflächen in den rohrförmigen Stab wäre die Folge, wenn grössere Axialkräfte übertragen werden müssen.

Eine Verlängerung des Verjüngungsabschnittes und damit ein Winkel  $\alpha$  von weniger als etwa 20 Grad brächte eine drastische Schwächung der seitlichen Ausknickfestigkeit mit sich.

Eine weitere vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung besteht darin, dass die Quetschebenen nicht nur horizontal sondern auch vertikal und die die Gurtstäbe mit den Diagonalstäben verbindenden Schrauben horizontal angeordnet sein können.

Diese Lage des Knotens ist erst durch die besonders hohe Biegesteifigkeit des Verjüngungsbereiches in der Ebene des flachgequetschten Stabendes möglich. Der besondere Vorteil dieses Knotens liegt darin, dass damit der Kraftlinienverlauf der Diagonalstäbe im Knotenbereich exakt auf die Gurtachse gebracht werden kann, so dass die bei vertikalen Schraubenachsen unvermeidlichen, in der statischen Berechnung zu berücksichtigenden Exzentrizitäten des Kraftlinienverlaufes eliminiert sind.

Gemäss einer weiteren Ausführungsform der Erfindung können Gurte aus einem vieleckigen, vorzugsweise quadratischen Querschnitt verwendet werden. Es erübrigt sich dabei die arbeits- und zeitintensive Quetschung der Gurte im Knotenbereich, und es wird ausserdem die Biegefestigkeit des Gurtes nicht beeinträchtigt. Die Diagonalen bleiben dabei immer gequetscht. Ein zusätzlicher Vorteil ist ausserdem noch darin zu sehen, dass besonders biegesteife Querschnittformen Anwendung finden können. Zur Befestigung der Diagonalstäbe können Gewindelöcher in die Gurtstabwandungen geschnitten werden.

Aber selbst die Schwächung des Gurtes durch die für die Knotenverbindung notwendigen Bohrungen kann vermieden werden, wenn im Bereich der Knoten eine dem flachgequetschten Diagonalstabende entsprechende Platte mit dem Gurtprofil verschweisst ist und ihn beidseitig überragt, wobei die Diagonalstabenden mit den den Gurt überragenden Teilen der Platte verbunden sind.

Erfindungsgemäss hat es sich auch als zweckmässig erwiesen, die in dem räumlichen Fachwerk vorgesehenen Diagonalstäbe unter einem Winkel von weniger als 45 Grad, vorzugsweise weniger als etwa 40 Grad, z.B. zwischen etwa 30 und etwa 40 Grad zur Horizontalebene anzuordnen, um die in den Knoten auftretenden Exzentrizitäten möglichst klein zu halten.

Um nun die Exzentrizität völlig auszuschalten, kann nach einer weiteren Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung zwischen den flachgequetschten Enden der Stäbe ein - beispielsweise kastenförmiges - Knotenstück angeordnet sein, das so dimensioniert ist, dass sich die Achsen der Diagonalstäbe in den Achsen der Gurtstäbe in dem selben Punkt treffen, damit keine Drehmomente entstehen. Das erfindungsgemässe Knotenstück ermöglicht ausserdem

eine besonders rationelle Montage, u.z. ein gesondertes Festschrauben der Diagonal- und der Gurtstäbe. ~~Andererseits kann es zur Vermeidung eines Schraubvorganges mit entweder einem Gurtstabende oder einem Diagonalstabende verschweisst sein.~~ Schliesslich hat es sich in einzelnen Fällen als besonders zweckmässig erwiesen, das Knotenstück aus zwei miteinander zusammenwirkenden Teilen zu bilden, deren einer Teil mit dem Gurtstabende und deren anderer Teil mit dem Diagonalstabende verbunden sind.

Die Erfindung wird im folgenden anhand der beigelegten Zeichnung beispielhaft näher erläutert. Es zeigen dabei die Fig. 1 ein Stabende im Längsschnitt; Fig. 2 und Fig. 5 einen Ausschnitt aus einer räumlichen Fachwerkskonstruktion; Fig. 3 einen Längsschnitt durch einen Gurt samt Knoten; Fig. 4 die Ansicht eines Knotens; Fig. 6 eine Auswahl bevorzugter Querschnitte für Gurtprofile; Fig. 7 eine spezielle Ausführungsform eines Gurtprofils im Querschnitt und Fig. 8 die Ansicht eines für die Verbindung mit den Diagonalstäben speziell vorbereiteten Gurtprofils; Fig. 9 die Ansicht einer Knotenverbindung mit Knotenstück und Fig. 10 die Ansicht einer Knotenverbindung mit zweiteiligem Knotenstück, beide in explodierter Darstellung.

Das in der Ebene 1 flachgequetschte Ende 2 eines Gurt- oder Diagonalstabes mit kreisförmigem Querschnitt in Fig. 1 wird im Knoten gemäss Fig. 3 mit Hilfe von durch die Bohrungen 6 führenden Schrauben 10 mit anderen Stabenden verbunden und damit im gesamten System fest eingespannt. Dabei können z. B. durchgehende Gurtstäbe ungeteilt an den entsprechenden Stellen für die Verbindung mit den Diagonalstäben in analoger Weise gequetscht sein. Entsprechend dem in Fig. 3 gezeigten Normalfall können sich jedoch in einem räumlichen Knoten bis zu vier Gurtstabenden und bis zu vier Diagonalstabenden treffen, (wobei je zwei Stabenden ineinander gesteckt sein können, wie hier für die zwei Gurtstäbe 5 und 5' gezeigt),

so dass die Knotendicke der bis zu 16fachen Wandstärke der Stäbe entspricht. Daraus resultiert eine starre und hochbelastbare Verbindungsstelle. Die einzige Schwachstelle der Stäbe lag bisher im Verjüngungsbereich, wo die axialen Kraftlinien umgelenkt werden.

Infolge der erfindungsgemäss geradlinigen Ausbildung der beiden einen Keil bildenden Flächen 8a, 8b, sowie eines Winkels  $\alpha$  von etwa 20 bis etwa 28 Grad kommt es zu einer optimalen Ausknickfestigkeit und Beulfestigkeit des gefährdeten Verjüngungsbereiches 8. Gegenüber der natürlichen, gebauchten Profilierung ergibt sich eine um 61 % höhere statische Festigkeit.

Der Verjüngungsbereich 8 kann durch eine Quetschung des rohrförmigen Stabendes zwischen zwei trapezförmigen Pressbacken erzielt werden; die Breite der Flächen 8a, 8b nimmt mit zunehmender Verringerung ihres Abstandes zu, sodass die Biegesteifigkeit des Verjüngungsbereiches 8 in der projiziert dargestellten, durch das flachgequetschte Stabende 2 führenden Ebene 1 beträchtlich erhöht wird.

Die in den Knoten miteinander verbundenen Gurtstäbe 5 und (in Fig. 2 im Schnitt dargestellt) 4 sind in horizontaler Lage angeordnet. Die Verbindung benachbarter Gurte erfolgt durch Diagonalstäbe 7, deren flachgequetschte Enden derart abgewinkelt sind, dass diese parallel zu den entsprechenden Gurtstabenden zu liegen kommen.

Bei dem in Fig. 3 gezeigten Beispiel ergibt allerdings der Schnittpunkt der beiden Diagonalstabachsen 3 miteinander eine Exzentrizität  $e$  (Abweichung in der Vertikale) gegenüber der Gurtachse 1, die bei horizontaler Anordnung der Schrauben 10, wie in Fig. 4 gezeigt, vermieden werden kann.



Das in Fig. 4 gezeigte Gurtprofil 5" weist rechteckigen Querschnitt auf und hat den Vorteil, dass im Knotenbereich keine Quetschung und damit keine Schwächung der Biegesteifigkeit notwendig ist.

Einer Drehung des nicht gezeigten Endes des Diagonalstabes 7 in Pfeilrichtung 9 wird durch die erhöhte Biegesteifigkeit des Verjüngungsabschnittes erhöhter Widerstand entgegengesetzt.

Die räumliche Fachwerkskonstruktion nach Fig. 5 besteht aus Knoten 11 mit horizontaler Schraubenachse und einem Gurtprofil 5" mit rechteckigem Querschnitt.

In Figur 6 werden einige mögliche Querschnittsformen von Gurtprofilen gezeigt, die sich bei der Durchführung der gegenständlichen Erfindung als besonders vorteilhaft erwiesen haben. Es handelt sich dabei um Profile mit quadratischem, rechteckigem oder trapezförmigem Querschnitt, sowie sogenannte C-, Doppel-T- oder Omega-Profile.

In Figur 7 ist ein Gurtprofil 13 mit trapezförmigem Querschnitt gezeigt, bei dem die gequetschten Enden der Diagonalstäbe 7 zur Montage an die Schrägflächen nicht abgewinkelt zu werden brauchen und wobei die Schrägflächen mit der Horizontale einen Winkel  $\beta$  von etwa 45 Grad einschliessen. Da die Diagonalstäbe 7 aber räumlich schräg angeordnet sind, das heisst nicht in einer Ebene senkrecht zur Gurtprofilachse, wird der Winkel, den sie mit der Horizontalebene einschliessen, kleiner als 45 Grad, gegebenenfalls zwischen 30 und 40 Grad betragen.

Gemäss Fig. 8 werden auf ein Gurtprofil 5" mit rechteckigem, oder auf ein solches 5''' mit quadratischem Querschnitt Platten 12 bzw. 12' angeschweisst, die zur Verbindung mit den flachgequetschten Enden der Diagonalstäbe

dienen. Dies ist insbesondere dann zweckmässig, wenn ein Gurtprofil Verwendung findet, dessen Kantenlänge kleiner ist als die Diagonale des flachgequetschten Diagonalstabendes. Es hat ausserdem den Vorteil, dass das Gurtprofil nicht oder nur in geringerem Masse durch die Anordnung von Bohrungen geschwächt zu werden braucht.

Das Knotenstück 14 gemäss Fig. 9 besteht aus einer Gurtplatte 15 und einer Diagonalplatte 16, die durch vier Winkelteile 17 miteinander verschweisst sind. Es ist zwischen dem flachgequetschten Ende 2 des Gurtstabes 5 und dem flachgequetschten Ende des Diagonalstabes 7 angeordnet und wird mit diesen beiden Enden verschraubt. An Stelle der Winkelstücke 17 kann natürlich jede andere Art der Abstandhalterung gewählt werden, wie z.B. Stäbe oder Platten verschiedenen Querschnitts.

Das Knotenstück 18 gemäss Fig. 10 besteht aus zwei getrennten Teilen 18 a und 18 b. Der Diagonalteil 18 a besteht aus einem umlaufenden Rahmen 19, dessen eine Oeffnung mit einer nicht gezeigten Deckplatte verschlossen ist, die mit dem flachgequetschten Ende des Diagonalstabes 7 verschraubt ist; der Gurtteil 18 b besteht aus einer Gurtplatte 15', auf die Abstandhalter, z.B. Winkelstücke 17 aufgeschweisst sind. Im montierten Zustand gleitet der Rahmen 19 im Passitz über die Winkelstücke 17; die Knotenverbindung wird dann durch die Löcher 6 verschraubt. Natürlich kann die Verbindung auch umgedreht sein: dann wären die Abstandhalter mit dem Diagonalstab und der Rahmen 19 mit dem Gurtstab verbunden.

Patentansprüche:

1. Fachwerkskonstruktion aus einer Vielzahl von horizontal angeordneten, rohrförmigen Gurtstäben, und von vorzugsweise dreidimensional, z. B. pyramidenförmig angeordneten, rohrförmigen Diagonalstäben, deren in einem Knoten übereinandergelegte, flachgequetschte Teile miteinander verbunden sind, dadurch gekennzeichnet, dass - in einem senkrecht zur Quetschfläche (1) geführten Längsschnitt gesehen - die Rohrwand sich zum gequetschten Teil hin annähernd linear keilförmig verjüngt, wobei im gesamten Stabbereich die Länge der Umfangslinie des Axialquerschnittes im wesentlichen konstant ist.
2. Fachwerkskonstruktion nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der von den beiden sich keilförmig verjüngenden, ebenen Mantelflächen (8a, 8b) eingeschlossene Winkel etwa 15 bis etwa 35 Grad, vorzugsweise etwa 20 bis etwa 28 Grad beträgt.
3. Fachwerkskonstruktion nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Quetschebenen (1) vertikal und die die Gurtstäbe (5) mit den Diagonalstäben (7) verbindenden Schrauben (10) horizontal angeordnet sind.
4. Fachwerkskonstruktion nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die horizontalen Gurte (5'', 5''') einen vieleckigen, vorzugsweise quadratischen Querschnitt aufweisen, der auch im Bereich der Knoten unverändert bleibt.
5. Fachwerkskonstruktion nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass im Bereich der Knoten eine dem flachgequetschten Diagonalstabende entsprechende Platte (12 bzw. 12') mit dem Gurtprofil (5'' bzw. 5''') verschweisst

ist und ihn beidseitig überragt, wobei die Diagonalstabenden, mit den den Gurt überragenden Teilen der Platte (12 bzw. 12') verbunden sind.

6. Fachwerkskonstruktion nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Gurtprofil (13) einen trapezförmigen Querschnitt aufweist, wobei die Schrägflächen mit der Horizontale einen Winkel  $\beta$  von etwa 45 Grad einschliessen.
7. Fachwerkskonstruktion nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die in dem räumlichen Fachwerk vorgesehenen Diagonalstäbe (7) unter einem Winkel von weniger als 45 Grad, vorzugsweise weniger als etwa 40 Grad, z.B. zwischen etwa 30 und etwa 40 Grad, zur Horizontalebene angeordnet sind.
8. Fachwerkskonstruktion nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen den Quetschflächen der Gurtstäbe (5) und denjenigen der Diagonalstäbe (7) - beispielsweise kastenförmige - Knotenstücke (14) angeordnet sind, die so dimensioniert sind, dass sich die Achsen (3) der Diagonalstäbe (7) in den Achsen (1) der Gurtstäbe (5) treffen.
9. Fachwerkskonstruktion nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Knotenstück aus zwei miteinander zusammenwirkenden Teilen (18a, 18b) besteht, deren einer Teil mit dem Gurtstabende und deren anderer Teil mit dem Diagonalstabende verbunden sind.

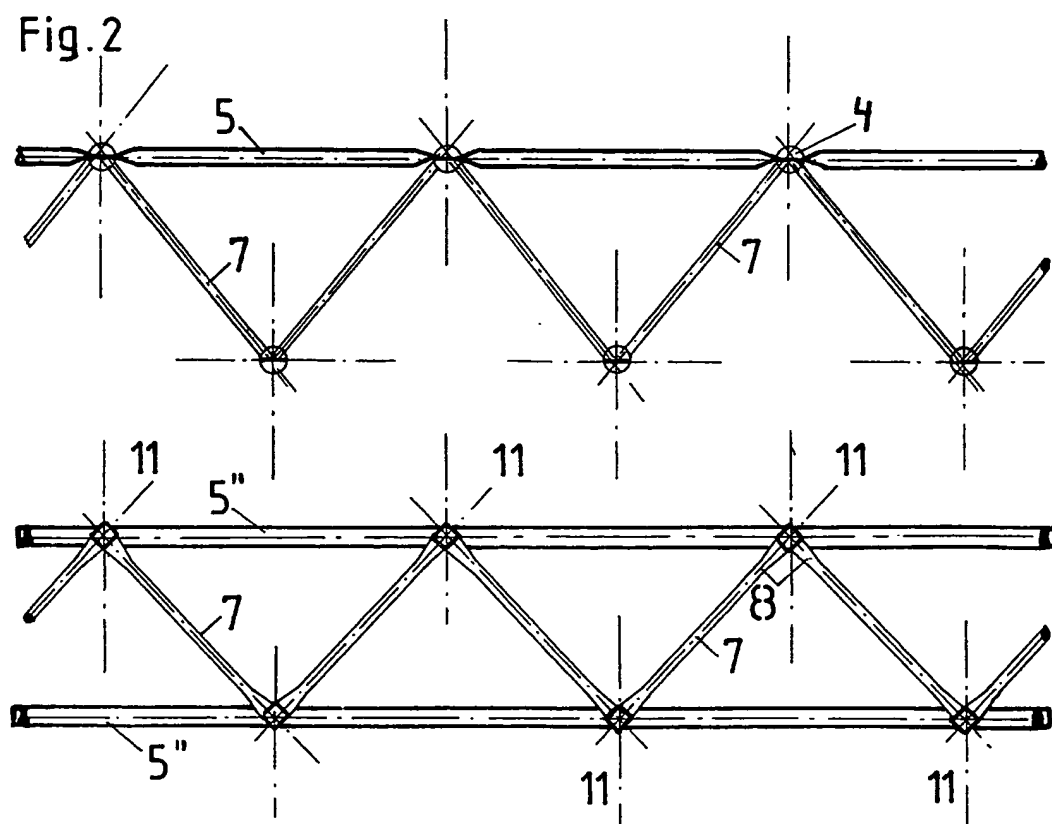
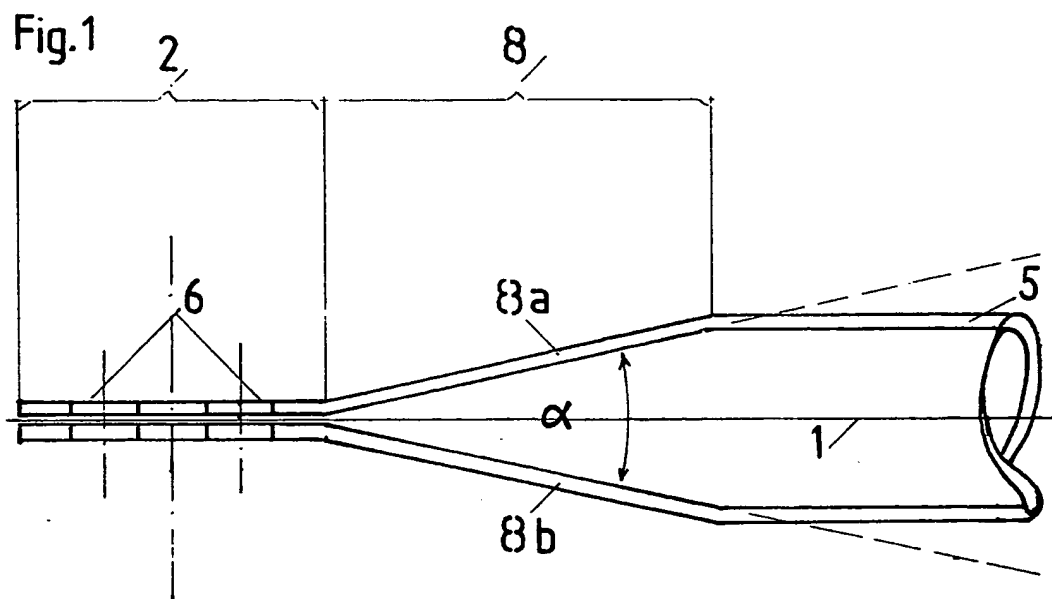


Fig. 5

2/5

0023721

Fig. 3

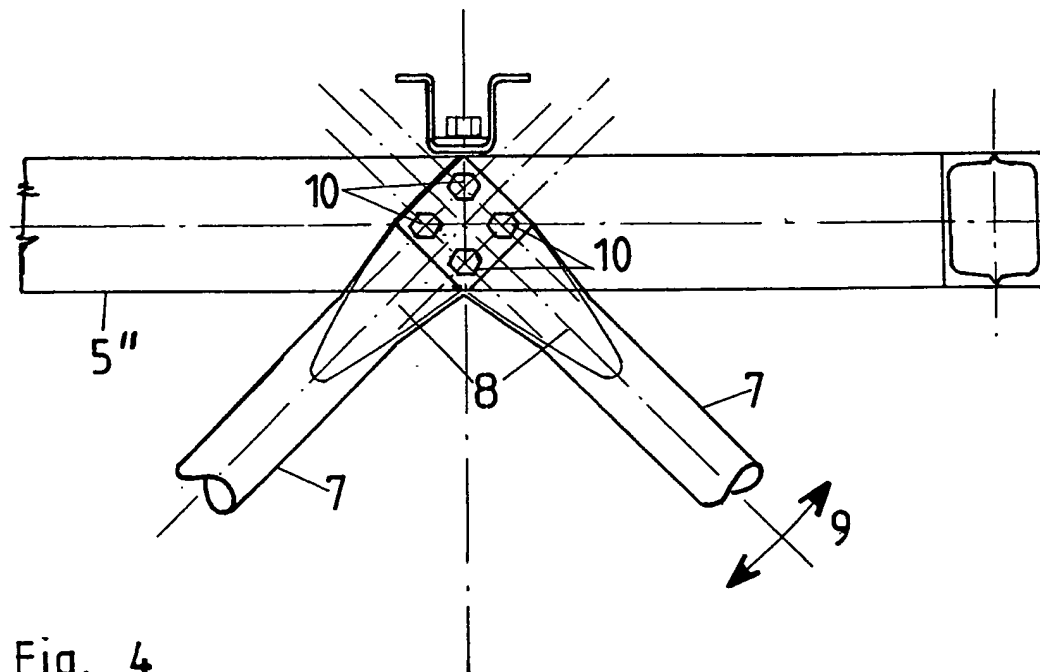
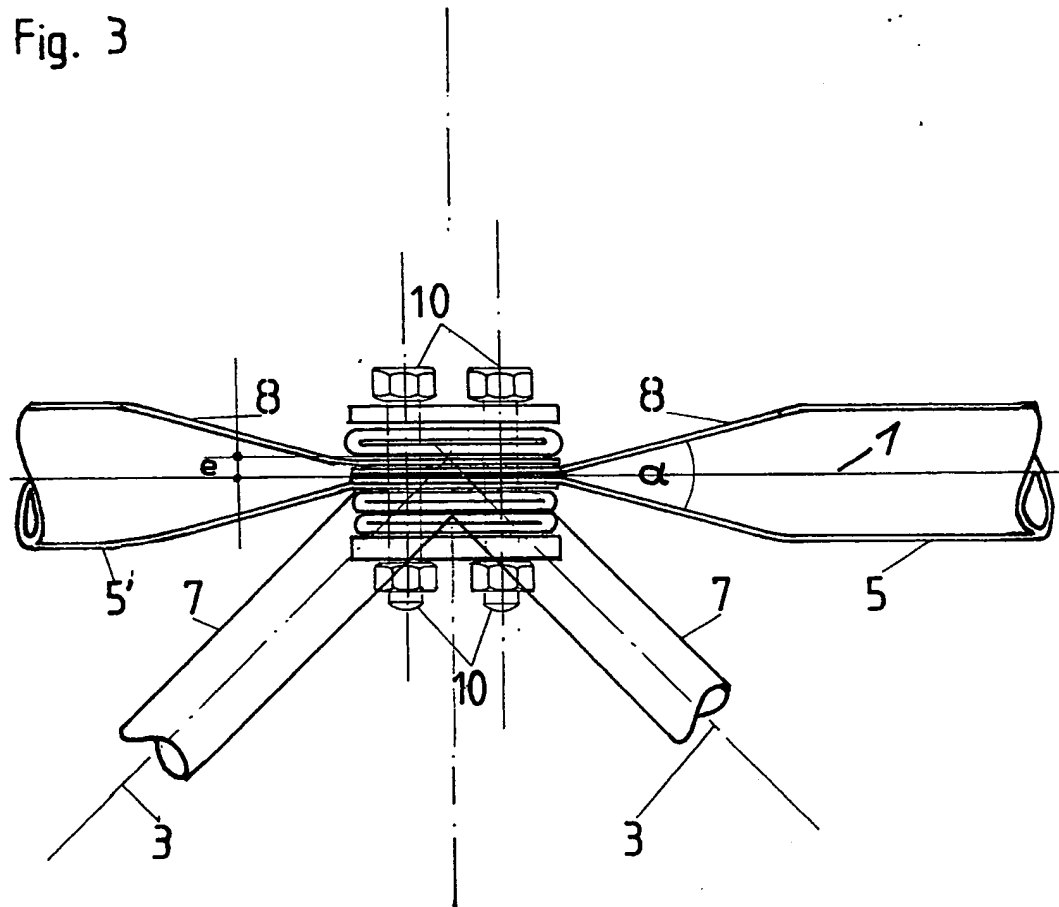


Fig. 4

Fig. 6

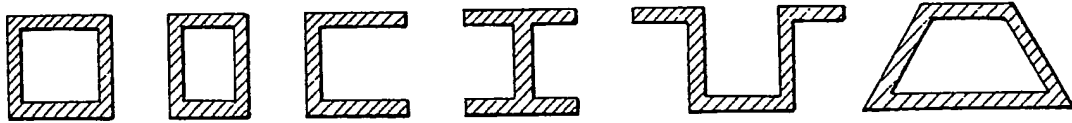


Fig. 7

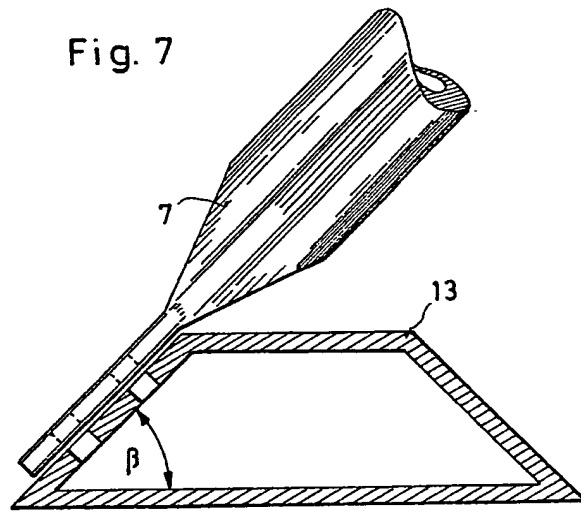


Fig. 8a

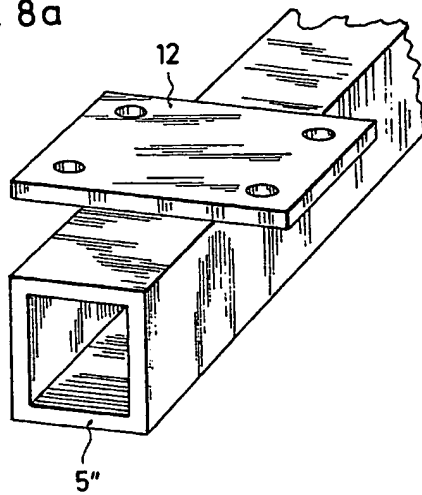
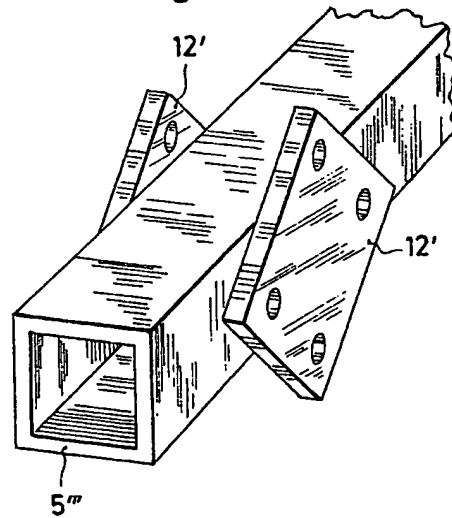


Fig. 8b



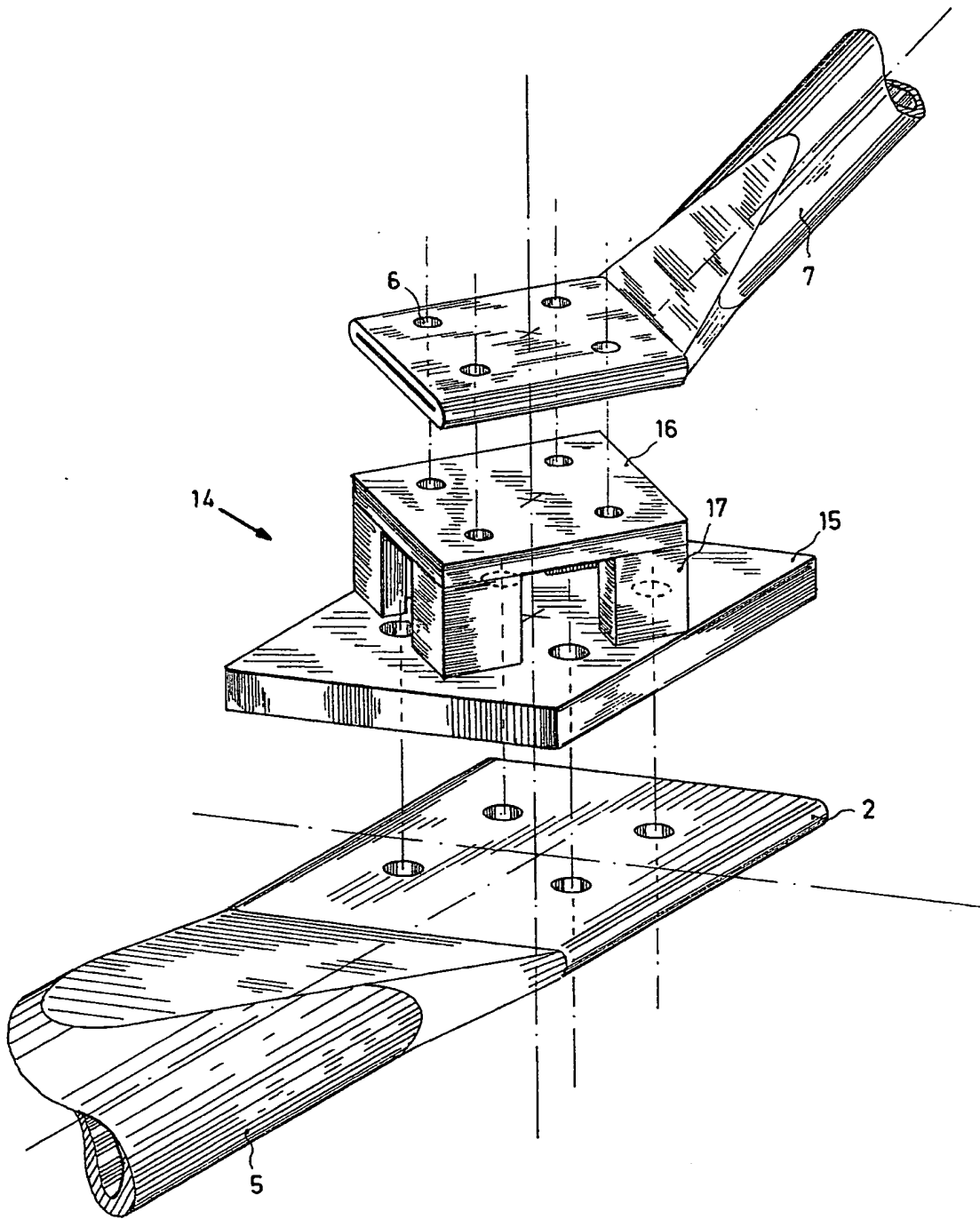


Fig. 9



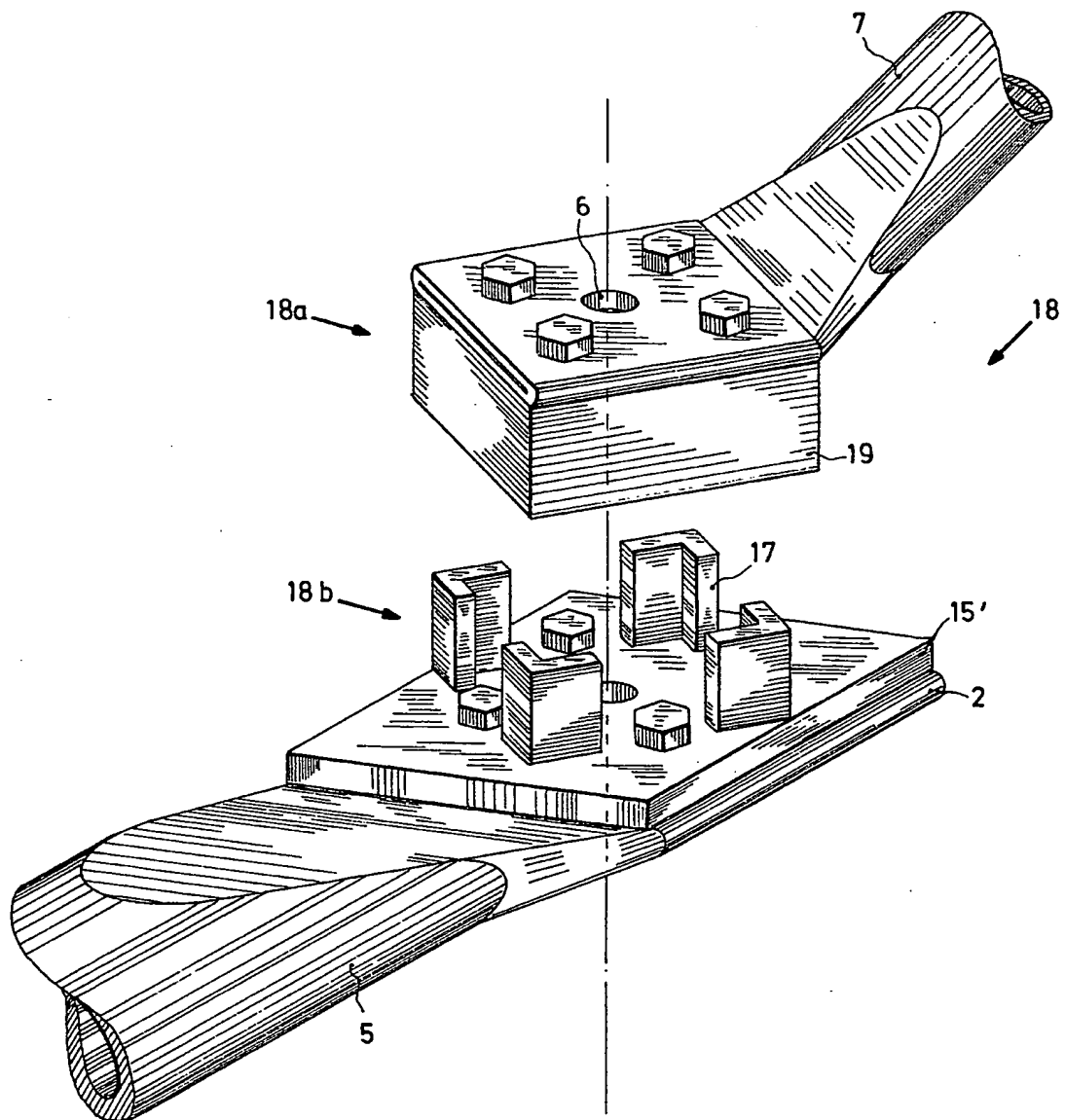


Fig. 10